



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 41 24 479 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 41 24 479.6
㉔ Anmeldetag: 24. 7. 91
㉕ Offenlegungstag: 28. 1. 93

㉙ Int. Cl.⁵:
B 60 K 6/04
F 02 B 39/04
F 02 B 33/34
B 60 L 11/18
B 60 K 41/12
B 60 K 41/28
B 60 K 17/08

DE 41 24 479 A 1

㉚ Anmelder:
Bayerische Motoren Werke AG, 8000 München, DE

㉛ Erfinder:
Regar, Karl-Nikolaus, Dr., 8000 München, DE

Rechercheantrag gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt

㉜ Hybridantrieb, insbesondere für Fahrzeuge

㉝ Für einen Hybridantrieb, insbesondere für Fahrzeuge, umfassend eine Brennkraftmaschine und ein über eine Kupplung verbundenes, als Stellkoppelgetriebe mit elektrischem Regelzweig gestaltetes stufenloses Getriebe wird vorgeschlagen, daß die mit den Elektromaschinen in Antriebsverbindung stehenden Wellen des Leistungsverzweigungsgetriebes mittels einer ansteuerbaren Kupplung drehfest verbindbar sind derart, daß sämtliche Elektromaschinen über das verblockte Leistungsverzweigungsgetriebe einen gemeinsamen Antriebsmotor oder einen gemeinsamen Generator bilden.

DE 41 24 479 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf einen Hybridantrieb der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 beschriebenen Bauart.

Aus der DE-B-10 17 696 ist ein Hybridantrieb mit einer Brennkraftmaschine und einem aus Elektromaschinen sowie einem dreiweligen Planetengetriebe kombinierten stufenlosen Getriebe bekannt, wobei eine der Elektromaschinen zur Deckung einer erhöhten Antriebsleistung als zusätzlicher Motor zur Brennkraftmaschine dient. Da bei diesem bekannten Hybridantrieb das stufenlose Getriebe einer stufenlosen, betriebsoptimierten Drehzahl- und Drehmomentanpassung der Brennkraftmaschine an die jeweilige Vortriebsleistung des Fahrzeuges dient, ist keine Trennkupplung zwischen der Brennkraftmaschine und dem stufenlosen Getriebe vorgesehen. Mangels einer solchen Kupplung ist ein ggf. erforderlicher elektrischer Antrieb durch das Mitschleppen der Brennkraftmaschine mit beträchtlichen Verlusten verbunden.

Dieser Nachteil ist zwar bei dem Hybridantrieb gemäß der gattungsbildenden US-A-35 66 717 grundsätzlich durch eine zwischen der Brennkraftmaschine und dem stufenlosen Getriebe vorsehbare Kupplung vermieden. Jedoch ist bei diesem stufenlosen Getriebe die von der Brennkraftmaschine gesondert durch eine der Elektromaschinen antreibbare Abtriebswelle mit dem Hohlrad des Planetengetriebes drehfest verbunden, wobei der die Planetenräder tragende Steg in Antriebsverbindung mit der anderen Elektromaschine steht. Um demnach bei abgekoppelter Brennkraftmaschine einen ausschließlichen elektrischen Antrieb des Fahrzeuges zu erreichen, ist der zur Bewirkung eines Stützmomentes mit dem Steg in Antriebsverbindung stehenden zweiten Elektromaschine zur Erzielung einer größtmöglichen Antriebswirkung der ersten Elektromaschine zusätzlich elektrische Energie zuzuführen. Dies zumindest in dem Umfang, daß ein dem jeweiligen Antriebsmoment entsprechendes Stütz- oder Reaktionsmoment erzielt ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Hybridantrieb der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 beschriebenen Bauart derart weiterzubilden, daß einerseits ein verlustarmer und leistungsstarker Elektroantrieb und andererseits ein Generatorbetrieb mit hohem Energierückfluß erzielt ist.

Diese Aufgabe wird mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 1 in baulich vorteilhaft einfacher Weise gelöst.

Zwar ist es für ein in der DE-C-3 55 391 beschriebenes, eine Brennkraftmaschine, zwei Elektromaschinen und ein dreiweliges Planetengetriebe umfassendes Antriebsaggregat an sich bekannt, zwei der drei jeweils mit einer Elektromaschine antriebsfest verbundenen Planetengetriebe-Wellen mittels einer Kupplung gesteuert drehfest zu verblocken. Jedoch werden mit dieser Maßnahme beide Elektromaschinen im Gegensatz zur Erfindung wirkungslos im Antrieb, der nunmehr ausschließlich über die Brennkraftmaschine erfolgt.

Eine hinsichtlich kleinem Bauraum und günstigem Wirkungsgrad vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung beschreibt Anspruch 2, wobei von einem weiteren, aus der DE-A-27 57 619 nach der Fig. 5 bekannten Stand der Technik ausgegangen wird zur erfindungsgemäßen drehfesten Kombination zweier gleichachsig beiderseits des wirkungslos gesetzten Leistungsverzweigungsgetriebes fluchtend angeordneter Elektromaschinen. Mit

der erfindungsgemäßen Anordnung bzw. Kombination bildet die bei wirksamen stufenlosen Getriebe vor allem der Einleitung einer Stütz- bzw. Reaktions-Momentes dienende Elektromaschine mit der anderen, im wesentlichen als Zusatzmotor zur Brennkraftmaschine vorgesehenen Elektromaschine einen gemeinsamen Antriebsmotor zum rein elektrischen Antrieb. Für den Antrieb in Vorwärtsfahrt bilden somit die Anker der beiden Elektromaschinen mitsamt dem wirkungslos gesetzten Leistungsverzweigungsgetriebe einen rotierenden Block.

Für einen Antrieb in Rückwärtsfahrt dient lediglich die zur Steuerung des Reaktionsmomentes vorgesehene Elektromaschine mit entgegengesetzter Drehrichtung, wobei die Momentenabstützung an der stillstehenden Brennkraftmaschine über den Freilauf und der Eingangswelle des Planetengetriebes erfolgt.

Schließlich beschreibt Anspruch 3 die Kombination des erfindungsgemäß gestalteten stufenlosen Getriebes mit einer in den Ansprüchen 3 und 4 näher bezeichneten und im übrigen in der P 41 17 154 vorgeschlagenen kleinvolumigen Brennkraftmaschine mit relativ hohem Verdichtungsverhältnis, die mit einem zuschaltbaren, mechanisch angetriebenen Lader, vorzugsweise einem Kreisverdichter, ausgerüstet ist. Vorteil dieser Kombination ist, die Brennkraftmaschine im stationären Fahrbetrieb bei jeder Geschwindigkeit über die Drehzahl in einen Lastpunkt mit absolut niedrigem Kraftstoffverbrauch zu steuern und somit einem verbrauchsoptimierten und emissionsreduzierten Betrieb zu erreichen. Die bei dieser Betriebsweise anfallenden Überschulleistungen der Brennkraftmaschine werden zum Laden des elektrischen Energiespeichers verwendet. Der o.g. Vorteil kann ferner bei einer Fahrzeugbeschleunigung durch Zuschalten der Elektromaschine bei entsprechender Zufuhr elektrischer Energie aus dem aufladbaren Energiespeicher in nicht unerheblichem Umfang erreicht sein. Für den emissionsfreien Betrieb durch ausschließlichen Elektroantrieb wird die über den Freilauf abkuppelbare Brennkraftmaschine stillgesetzt. Schließlich ermöglicht die erfindungsgemäße Koppelung der Elektromaschinen des stufenlosen Getriebes bei einer Fahrzeugverzögerung eine Rückgewinnung an elektrischer Energie.

Die Erfindung ist anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Hybridantriebes beschrieben.

Eine Hybridantrieb 1 für ein nicht näher aufgezeigtes Fahrzeug 2 umfaßt eine Brennkraftmaschine 3 und ein über eine Kupplung — Freilauf 4 — verbundenes, aus Elektromaschinen 5, 6 und einem dreiweligen Leistungsverzweigungsgetriebe — Planetengetriebe 7 — kombiniertes stufenloses Getriebe 8, dessen betriebspunktabhängig als Generator oder als Motor wirkende Elektromaschinen 5 und 6 über eine Steuereinrichtung 9 mit einem elektrischen Energiespeicher 10 auf dem Fahrzeug 2 in Verbindung stehen. Wie aus den eingangs zum Stand der Technik genannten Dokumenten der DE-B-1 017 696 und der US-A-35 66 717 näher hervorgeht, steht eine der Elektromaschinen 6 mit einer Reaktionswelle 11 und die andere im Motorbetrieb eine Zusatzleistung abgebende und im Generatorbetrieb der Energierückgewinnung dienenden Elektromaschine 5 mit einer der übrigen beiden Wellen — Eingangswelle 12, Abtriebswelle 13 — des Leistungsverzweigungsgetriebes 7 in Antriebsverbindung.

Um einen von der Brennkraftmaschine 3 gesonderten, verlustarmen und leistungsstarken Elektroantrieb zu erzielen, sind die mit den Elektromaschinen 5 und 6 in Antriebsverbindung stehenden Wellen — z. B. Reak-

tionswelle 11 und Eingangswelle 12 — des Leistungsverzweigungsgetriebes 7 mittels einer ansteuerbaren Kupplung 14 drehfest derart verbindbar, daß bei gelöster brennkraftmaschinenseitiger Kupplung — Freilauf 4 — sämtliche Elektromaschinen 5 und 6 über das verblockte Leistungsverzweigungsgetriebe 7 einen gesonderten Antriebsmotor 15 bilden.

Weiter weist der Hybridantrieb 1 eine abtriebsseitig zu dem als Planetengetriebe gestalteten Leistungsverzweigungsgetriebe 7 angeordnete Elektromaschine 6 auf, deren Anker 16 über eine hohle, zu einer Abtriebswelle 13 des Planetengetriebes koaxial angeordneten Reaktionswelle 11 mit einem Hohlrad 17 des Planetengetriebes 7 in Antriebsverbindung steht. Eine baulich und funktionell vorteilhafte Ausgestaltung ergibt sich hierbei dadurch, daß auf der mit der Abtriebswelle 13 fluchtenden Eingangswelle 12 des Planetengetriebes 7 ein Anker 18 der zweiten Elektromaschine 5 drehfest angeordnet ist, wobei die Eingangswelle 12 zusätzlich den wellenseitigen Teil 19 der mit dem Hohlrad 17 in Antriebsverbindung stehenden ansteuerbaren Kupplung 14 trägt. Schließlich ist die Eingangswelle 12 mit der Brennkraftmaschine 3 über einen Freilauf 4 kuppelbar.

Weiter kennzeichnet der erfindungsgemäß mit einem optimierten Elektroantrieb — Antriebsmotor 15 — ausgerüstete Hybridantrieb 1 durch eine verbrauchsoptimiert und emissionsreduziert betreibbare Brennkraftmaschine 3, wie sie näher in der P 41 17 154 beschrieben ist. Erreicht ist dies mit der Verwendung einer relativ zur Fahrzeugmasse kleinvolumigen Brennkraftmaschine 3 mit relativ hohem Verdichtungsverhältnis und einem zuschaltbaren, mechanisch angetriebenen Lader — vorzugsweise Kreiselverdichter 20 —, wobei die Brennkraftmaschine 3 bei stationärem Fahrbetrieb über das stufenlose Getriebe 8 als Saugmotor in einen Bereich niedrigsten Kraftstoffverbrauches gesteuert ist.

Schließlich kann auf dem Fahrzeug 2 noch ein als mechanischer Energiespeicher dienendes Schwungrad 21 vorgesehen sein, daß mit einer weiteren Elektromaschine 22 zur Energiewandlung gekoppelt ist. Das Schwungrad 21 dient vorzugsweise als Beschleunigungshilfe.

Bei einem emissionsfreien Betrieb des Fahrzeuges 2 wählt der Fahrer des Fahrzeuges 2 für eine Vorwärtsfahrt mit Elektroantrieb die Programmschalter E und V der Steuereinrichtung 9, und bei einer Rückwärtsfahrt die Programmschalter E und R. Weiter wird die Kupplung 14 über die Steuereinrichtung 9 derart angesteuert, daß deren wellenseitiger Teil 19 der Eingangswelle 12 des Planetengetriebes 7 mit dessen Hohlrad 17 drehfest gekoppelt ist. Über das vorbeschriebene Schließen der Kupplung 14 ist der Anker 18 der Elektromaschine 5 mit dem Hohlrad 17 des Planetengetriebes 7 in drehfester Verbindung gebracht. Da andererseits das Hohlrad 17 über die Reaktionswelle 11 mit dem Anker 16 der Elektromaschine 6 in drehfester Verbindung steht, sind somit über die geschlossene Kupplung 14 und das damit wirkungslos gesetzte Leistungsverzweigungsgetriebe bzw. Planetengetriebe 7 beide Elektromaschinen 5 und 6 zur Leistungsabgabe oder zur Leistungsaufnahme im Bremsbetrieb über die Abtriebswelle 13 parallel geschaltet. Nach Betätigen einer Starteinrichtung wirken somit beide Elektromaschinen 5 und 6 als ein von der Brennkraftmaschine 3 gesonderter Antriebsmotor 15. Bei einem Bremsvorgang des Fahrzeuges 2 wirken dagegen die beiden Elektromaschinen 5 und 6 als ein gemeinsamer Generator 15', dessen Energie dem elektri-

schen Speicher 10 und/oder der Elektromaschine 22 des Schwungrades 21 zugeführt wird.

Der aus den parallelgeschalteten Elektromaschinen 5 und 6 gebildete Antriebsmotor 15 kann auch für eine Rückwärtsfahrt des Fahrzeuges 2 vorgesehen sein, wenn die Eingangswelle 12 des Planetengetriebes 7 mit der Brennkraftmaschine 3 über eine ebenfalls ansteuerbare Kupplung 4 in Verbindung steht. Der jedoch zur Vereinfachung des Aufbaues zwischen der Brennkraftmaschine 3 und der Eingangswelle 12 vorgesehene Freilauf 4 bedingt bei Rückwärtsfahrt ein Lösen der schaltbaren Kupplung 14 des stufenlosen Getriebes 8, so daß die Rückwärtsfahrt des Fahrzeuges 2 allein über die Elektromaschine 6 bewirkt ist, wobei die Eingangswelle 12 des Planetengetriebes 7 sich über den Freilauf 4 gegen die stillstehende Brennkraftmaschine 3 abstützt.

Bei ausschließlichem Betrieb des Fahrzeuges 2 über die Brennkraftmaschine 3 wird die ansteuerbare Kupplung 14 zwischen den beiden Elektromaschinen 5 und 6 gelöst. Die Brennkraftmaschine 3 wirkt damit über die Eingangswelle 12 auf das Sonnenrad 23 des Planetengetriebes 7. Zur Weiterleitung der Antriebsleistung der Brennkraftmaschine 3 auf die Abtriebswelle 13 über die auf dem mit der Abtriebswelle 13 drehfest verbundenen Steg 24 angeordneten Planetenräder 25 ist am Hohlrad 7 eine Momentenabstützung erforderlich. Diese Momentenabstützung erbringt die Elektromaschine 6 über die Reaktionswelle 11.

Die als Reaktionsmaschine wirkende Elektromaschine 6 kann nun aus dem elektrischen Energiespeicher 10 über die Steuereinrichtung 9 derart mit elektrischer Energie versorgt werden, daß am Hohlrad 17 des Planetengetriebes 7 relativ zu dem von der Brennkraftmaschine 3 eingeleiteten Drehmoment unterschiedliche Stützmomente anliegen, die unterschiedliche Drehzahlen zwischen der Abtriebswelle 13 und der Eingangswelle 12 des Leistungsverzweigungsgetriebes bzw. Planetengetriebes 7 bewirken. Da die Elektromaschine 6 als Reaktionsmaschine über die Steuereinrichtung 9 elektrisch stufenlos regelbar ist, ergibt sich daraus ein stufenloses Getriebe 8.

Das als Stellkoppelgetriebe mit elektrischem Regelzweig dargestellte stufenlose Getriebe 8 ergibt die Möglichkeit, bei einer konstanten Geschwindigkeit des Fahrzeuges 2 und damit konstanter Drehzahl der Abtriebswelle 13 die Drehzahl der Brennkraftmaschine 3 an der Eingangswelle 12 des Leistungsverzweigungsgetriebes 7 derart zu beeinflussen, daß die Brennkraftmaschine 3 bei stationärem Betrieb in einem Bereich absolut niedrigsten Kraftstoffverbrauches arbeitet. Hierzu wird eine relativ zur Fahrzeugmasse kleinvolumige Brennkraftmaschine mit relativ hohem Verdichtungsverhältnis verwendet. Um weiter den erforderlichen Leistungsbedarf bei einer Beschleunigung des Fahrzeuges 2 abzudecken, ist die Brennkraftmaschine 3 mit einem zuschaltbaren, mechanisch angetriebenen Kreisel-lader 20 ausgerüstet. Bei einem beispielsweise über das Fahrpedal 26 erkanntem Beschleunigungssignal wird der Kreisel-lader 20 über die Steuereinrichtung 9 an die Brennkraftmaschine 3 mechanisch angekoppelt und bei Erreichen des nächsten geeigneten Lastpunktes für die gewünschte höhere Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeuges 2 abgekoppelt. Weiter kann die Beschleunigung des Fahrzeuges 2 zusätzlich über die Elektromaschine 5 unterstützt werden, die über die Steuereinrichtung 9 bei Vorliegen eines bestimmten Beschleunigungssignals als Motor geschaltet ist. Im Falle nicht ausreichender Energie des Energiespeichers 10 kann hierbei bei vorhande-

nem Speicherschwungrad 21 über die Elektromaschine 22 elektrische Energie der Elektromaschine 5 des stufenlosen Getriebes 8 zusätzlich zugeführt werden. Schließlich können beide Elektromaschinen 5 und 6 durch Schließen der steuerbaren Kupplung 14 als zur Brennkraftmaschine 3 parallelgeschalteter Antriebsmotor 15 die Beschleunigung des Fahrzeuges 2 unterstützen.

Bei Geschwindigkeiten des Fahrzeuges 2 nahe 100 km/h und darüber werden die Anker 16 und 18 der beiden Elektromaschinen 6 und 5 durch Schließen der Kupplung 14 miteinander drehfest verbunden und somit das stufenlose Getriebe 8 außer Wirkung gesetzt. In diesem Fall ist das Fahrzeug ausschließlich durch die Brennkraftmaschine 3 angetrieben. Bei einer Verzögerung des Fahrzeuges 2 bei ausschließlichen Brennkraftmaschinenbetrieb werden die mit ihren Ankern 16 und 18 über die Kupplung 14 miteinander verblockten Elektromaschinen 5 und 6 über die Steuereinrichtung 9 auf Generatorbetrieb geschaltet, und somit über den Generator 15' elektrische Energie zurückgewonnen. Diese wird dem elektrischen Energiespeicher 10 und/oder dem Speicher-Schwungrad 21 zugeführt.

Patentansprüche

25

1. Hybridantrieb, insbesondere für Fahrzeuge,
 - umfassend eine Brennkraftmaschine (3) und ein über eine Kupplung (Freilauf 4) verbundenes, aus Elektromaschinen (5, 6) und einem dreiweligen Leistungsverzweigungsgetriebe (Planetengetriebe 7) kombiniertes stufenloses Getriebe (8), dessen
 - betriebspunktabhängig als Generator oder als Motor wirkende Elektromaschinen (5, 6) über eine Steuereinleitung (9) mit einem elektrischen Energiespeicher (Batterie 10) in Verbindung stehen, wobei
 - eine der Elektromaschinen (6) mit einer Reaktionswelle (11) und die andere, im Motorbetrieb eine Zusatzleistung abgebende und im Generatorbetrieb der Energierückgewinnung dienende Elektromaschine (5) mit einer der übrigen beiden Wellen, (Eingangswelle 12, Abtriebswelle 13) des Leistungsverzweigungsgetriebes (7) in Antriebsverbindung steht,
- dadurch gekennzeichnet,**
 - daß die mit den Elektromaschinen (5, 6) in Antriebsverbindung stehenden Wellen (Reaktionswelle 11 und Eingangswelle 12) des Leistungsverzweigungsgetriebes (7) mittels einer ansteuerbaren Kupplung (14) drehfest verbindbar sind derart, daß sämtliche Elektromaschinen (5, 6) über das verblockte Leistungsverzweigungsgetriebe (7) einen gemeinsamen Antriebsmotor (15) oder einen gemeinsamen Generator (15') bilden.
2. Hybridantrieb nach Anspruch 1,
 - bei dem eine abtriebsseitig zu dem als Planetengetriebe (7) gestalteten Leistungsverzweigungsgetriebe angeordnete Elektromaschine (6) mit ihrem Anker (16) über eine hohle, zu einer Abtriebswelle (13) des Planetengetriebes (7) koaxial angeordnete Reaktionswelle (11) mit einem Hohlrad (17) des Planetengetriebes in Antriebsverbindung steht,
- dadurch gekennzeichnet,**
 - daß auf der mit der Abtriebswelle (13) fluch-

tenden Eingangswelle (12) des Planetengetriebes (7) ein Anker (18) der zweiten Elektromaschine (5) drehfest angeordnet ist, und

- daß die Eingangswelle (12) ferner den wellenseitigen Teil (19) der mit dem Hohlrad (17) in Antriebsverbindung stehenden ansteuerbaren Kupplung (14) trägt, und

- schließlich mit der Brennkraftmaschine (3) über einen Freilauf (4) kuppelbar ist.

3. Hybridantrieb nach Anspruch 1 und 2, gekennzeichnet durch die Verwendung einer relativ zur Fahrzeugmasse kleinvolumigen Brennkraftmaschine (3) mit zuschaltbarem, mechanisch angetriebenem Lader (Kreiselverdichter 20), die bei stationärem Fahrbetrieb über das stufenlose Getriebe (8) als Saugmotor in einen Bereich niedrigsten Kraftstoffverbrauches gesteuert ist.

4. Hybridantrieb nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,

- daß die kleinvolumige Brennkraftmaschine (3) ein relativ hohes Verdichtungsverhältnis aufweist, und

- daß der Lader ein Kreiselverdichter (20) ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

